

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 1 2 月 1 8 日

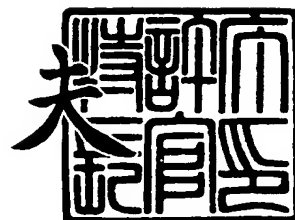
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 4 2 0 4 8 3
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 4 2 0 4 8 3]

出 願 人
Applicant(s): 株式会社日本自動車部品総合研究所
株式会社デンソー

2 0 0 4 年 2 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 PS007405
【提出日】 平成15年12月18日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H02J 7/14
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
 【氏名】 堺 昭治
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
 【氏名】 橋川 淳
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内
 【氏名】 水野 覚
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内
 【氏名】 市川 淳
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学内
 【氏名】 水野 直樹
【発明者】
 【住所又は居所】 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学内
 【氏名】 森田 良文
【特許出願人】
 【識別番号】 000004695
 【氏名又は名称】 株式会社日本自動車部品総合研究所
【特許出願人】
 【識別番号】 000004260
 【氏名又は名称】 株式会社デンソー
【代理人】
 【識別番号】 100096998
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 碓氷 裕彦
 【電話番号】 0566-25-5988
【選任した代理人】
 【識別番号】 100118197
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 加藤 大登
 【電話番号】 0566-25-5987
【選任した代理人】
 【識別番号】 100123191
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 伊藤 高順
 【電話番号】 0566-25-5990
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-110651
 【出願日】 平成15年 4月15日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 010331

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0213350

【包括委任状番号】 0213351

【包括委任状番号】 0213352

【包括委任状番号】 0213353

【包括委任状番号】 0213354

【包括委任状番号】 0213355

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

車載電気装置に電力供給する蓄電装置と、

前記蓄電装置の充電及び放電の電流を検出する手段と、

前記蓄電装置の端子電圧を検出する手段とを備え、

前記蓄電装置の電流値と端子電圧値とを入力とするニューラルネットワークによって前記蓄電装置の内部状態量を学習して出力する車両用蓄電装置の内部状態検出システムにおいて、

前記電流値及び前記端子電圧値は、過去の履歴情報を含むように与えられることを特徴とする車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 2】

前記履歴情報は、前記電流値及び前記端子電圧値をデジタルサンプリングした時系列データで構成され、

該時系列データを蓄積した後、前記ニューラルネットワークの入力層に入力することを特徴とする請求項 1 記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 3】

前記履歴情報を構成する時系列データに時間フレームを重畳して切り出したデータを前記ニューラルネットワークの入力層に入力することを特徴とする請求項 2 記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 4】

前記履歴情報を構成する時系列データは、内部状態量学習時刻から過去に遠ざかるほど、入力するサンプル値の時間間隔を長くすることを特徴とする請求項 2 記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 5】

前記蓄電装置の内部状態量は、放電可能残存容量であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 6】

前記蓄電装置の内部状態量は、前記蓄電装置の内部インピーダンスであることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 7】

前記蓄電装置の内部状態量は、前記蓄電装置の放電可能残存容量と前記蓄電装置の内部インピーダンスとであることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 つに記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 8】

前記ニューラルネットワークには、前記蓄電装置の温度に関する状態量を入力することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 つに記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 9】

ばらつきにより変動する変動量が第 1 の所定範囲内である前記電流値の入力に対して、前記蓄電装置の内部状態を学習して出力する第 1 の学習手段を有していることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 つに記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 10】

前記変動量が第 1 の所定範囲よりも大きい第 2 の所定範囲内である前記電流値の入力に対して、前記蓄電装置の内部状態を学習して出力する第 2 の学習手段を有していることを特徴とする請求項 9 記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 11】

前記変動量を前記電流値の分散もしくは標準偏差を用いて算出することを特徴とする請求項 9 又は 10 記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 12】

前記充電の電流値の入力に対して、前記蓄電装置の内部状態を学習して出力する充電電流

学習手段を有していることを特徴とする請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 つに記載の車両用蓄電装置の内部状態システム。

【請求項 1 3】

前記放電の電流値の入力に対して、前記蓄電装置の内部状態を学習して出力する放電電流学習手段とを有していることを特徴とする請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 つに記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 1 4】

前記電流値及び前記端子電圧値は、前記履歴情報に関連付けられる関連付けデータを含むように与えられることを特徴とする請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 つに記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 1 5】

前記関連付けデータとは、最小 2 乗法により求めた傾き、切片もしくはマッチング誤差であることを特徴とする請求項 1 4 記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 1 6】

前記蓄電装置の内部状態量は、前記蓄電装置の満充電容量に対する放電可能残存容量の割合であることを特徴とする請求項 1 から 1 5 のいずれか 1 つに記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【請求項 1 7】

学習中に前記蓄電装置が充電された場合、前記蓄電装置に充電された容量が放電するまで、前記ニューラルネットワークに入力される前記電流値及び前記端子電圧値を非入力とする充電時入力停止手段を有していることを特徴とする請求項 1 から 1 6 のいずれか 1 つに記載の車両用蓄電装置の内部状態検出システム。

【書類名】明細書

【発明の名称】車両用蓄電装置の内部状態検出システム

【技術分野】

【0001】

本発明は、蓄電装置を備える電力システムに関し、特に車両用電源の電力制御装置に好適である。

【背景技術】

【0002】

近年、車載装置の電子制御化及び電動化がますます高度になりつつある。このような技術背景により車載電源容量の増大はもとより、電源の信頼性が一層要求され蓄電装置の内部状態を精度よく検出したいという要求が高まっている。

【0003】

そして、従来の蓄電装置では、充電及び放電の電流値を積算して使用量（残存容量）を求める方法が知られている（例えば、特許文献1参照。）。

【0004】

しかしながら、この方法では、電流センサに誤差がある場合、誤差まで積算されてしまうため、検出精度を向上させるために電流センサの誤差を小さくする必要がある。電流センサは、ホールICによる磁気検出方式やシャント抵抗を用いた電圧検出などが一般的である。磁気検出方式では、集磁コアのヒステリシス特性が無視できず、又シャント抵抗を用いた電圧検出では、通電による自己発熱によって抵抗値が変化するため、温度補償する必要がある、いずれの場合も容易に解決できない。

【0005】

このようなことから、ニューラルネットワークを用いて蓄電池の内部状態量を学習により推定しようとする方法がある（例えば、特許文献2もしくは特許文献3参照。）。

【特許文献1】特許2910184号公報

【特許文献2】特開平9-236641号公報

【特許文献3】US6064180号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一般に、特許文献2もしくは特許文献3に記載されている学習型ニューラルネットワークでは、入力値（ベクトルを含む）と出力値（ベクトルを含む）とが1対1に対応可能なものに極めて良好な入出力関係を見出してくれる。しかし、電気化学反応を基本とした蓄電池の内部状態は、電解液の濃度分布の不均衡や拡散反応と電氣的挙動との時定数の違いなどに起因する強烈なヒステリシス現象や非線形特性が発生するため、必ずしも1対1の関係を特定することが困難である。

【0007】

図7に、特定の蓄電池の同じ残存容量を示すときの端子電圧及び充放電電流をプロットしたグラフを示す。同じ残存容量を示す場合でも、端子電圧と充放電電流値とが1対1に対応していないことが分かる。

【0008】

本発明は、このような研究経緯に基づいて創作された蓄電装置の内部状態検知に関する発明である。

【0009】

具体的には、電流値及び電圧値を検出し、バッファなどに蓄積しておくことで、簡便に且つ高精度で蓄電装置の残存容量を検知することができるシステムを提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本願発明者は、電気化学電池の現在の残存容量に現在の電流値及び電圧値以外に過去の

電圧値及び電流値の影響が無視できないことを実験的に見出し、残存容量との関係に電圧値及び電流値の履歴データ（ベクトル量として表現する）を用いれば残存容量を一義的に定義することができることを見出した。

【0011】

図8に端子電圧値及び充放電電流値に経時情報を重畳させたグラフを示す。端子電圧値と充放電電流値との間には、変化の方向性に依存する明瞭な関係が存在することがわかった。

【0012】

このことから、請求項1では、車載電気装置に電力供給する蓄電装置と、蓄電装置の充電及び放電の電流を検出する手段と、蓄電装置の端子電圧を検出する手段とを備え、蓄電装置の電流値と端子電圧値とを入力とするニューラルネットワークによって蓄電装置の内部状態量を学習して出力する車両用蓄電装置の内部状態検出システムにおいて、電流値及び前記端子電圧値は、過去の履歴情報を含むように与えられることを特徴としている。

【0013】

この構成により、特定の蓄電装置に対して1組の電流ベクトル及び電圧ベクトルの対に一義的に残存容量を対応させることができる。この結果、自動車の如き消費電力変動、発電機状態変動及び駆動回転数変動が激しい環境下での使用でも精度良く電池の残存容量を検出することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

請求項2では、履歴情報は、電流値及び端子電圧値をデジタルサンプリングした時系列データで構成され、時系列データを蓄積した後、ニューラルネットワークの入力層に入力することを特徴としている。

【0015】

この構成により、メモリとCPUとによって簡素に構成できる。例えば、バッファ量を増減することで、必要な履歴情報の規模を簡単に調整することができる。

【0016】

請求項3では、履歴情報を構成する時系列データに時間フレームを重畳して切り出したデータをニューラルネットワークの入力層に入力することを特徴としている。

【0017】

この構成により、デジタル信号処理装置（DSP）によって提供される。また、一般的な情報処理技術で必要な状態検知精度を維持でき、設計工数及びコストを低減できる。

【0018】

請求項4では、前記履歴情報を構成する時系列データは、内部状態量学習時刻から過去に遠ざかるほど、入力するサンプル値の時間間隔を長くすることを特徴としている。

【0019】

電気化学反応においては、履歴データのうち直近の電圧及び電流データが現在の残存容量値に強い影響を及ぼすが、遠い過去の電圧及び電流データが現在の内部状態値にさほど影響を与えない。しかし、遠い過去の情報を完全に除去してしまうと現時点での状態量の算定の精度が低下することが実験的に分かっている。特に自動車用などの電力出し入れの激しい蓄電装置には、このような傾向が顕著に現われる傾向にある。

【0020】

そのため、このような特徴をもつ蓄電装置にニューラルネットワークを適用する場合に、履歴データを本構成のように与えることで、検出精度を向上させることができる。また、検知精度を維持しつつデータサンプル数を低減させることができるため、システム規模の増大を抑制できると共に、コストも低減できる。

【0021】

請求項5では、蓄電装置の内部状態量は、放電可能残存容量であることを特徴としている。

【0022】

この構成により、蓄電装置の内部状態量を放電可能残存容量とすることで、車載蓄電装置の現在の放電可能量を算定でき、交換の時期を運転者に早期に報知することができる。

【 0 0 2 3 】

請求項 6 では、蓄電装置の内部状態量は、蓄電装置の内部インピーダンスであることを特徴としている。

【 0 0 2 4 】

蓄電装置の内部インピーダンスは、蓄電装置を構成する電解液、電極板もしくは電極格子の劣化状態により変化し、これらが劣化するにつれて内部インピーダンスが増大してゆく傾向にある。そのため、蓄電装置の内部状態量を蓄電装置の内部インピーダンスとすることで、車載蓄電装置の現在の蓄電装置の劣化状態を算定でき、交換の時期を運転者に早期に報知することができる。

【 0 0 2 5 】

請求項 7 では、蓄電装置の内部状態量は、蓄電装置の放電可能残存容量と蓄電装置の内部インピーダンスとであることを特徴としている。

【 0 0 2 6 】

蓄電装置の内部状態量は、蓄電装置の放電可能残存容量と内部インピーダンスとを同時に算定可能であるため、蓄電装置の内部状態量を蓄電装置の放電可能残存容量と蓄電装置の内部インピーダンスとにすることで、劣化及び残存容量の低下のより早い方での報知ができるため、交換時期の最適化が可能となる。

【 0 0 2 7 】

請求項 8 では、ニューラルネットワークには、蓄電装置の温度に関する状態量を入力することを特徴としている。

【 0 0 2 8 】

この構成により、電気化学反応の反応速度は、媒質の温度に強い依存性を持つため、蓄電装置の温度に相関を持つ状態量を入力とすることで、より一層検出精度が向上する。

【 0 0 2 9 】

尚、ニューラルネットワークには、温度情報も履歴を含むベクトルとして入力してもよい。この際の与え方は、請求項 3 もしくは請求項 4 のように与えればよい。

【 0 0 3 0 】

請求項 9 では、ばらつきにより変動する変動量が第 1 の所定範囲内である電流値の入力に対して、蓄電装置の内部状態を学習して出力する第 1 の学習手段を有していることを特徴としている。

【 0 0 3 1 】

ニューラルネットワークの学習は、電流値の変化速度に依存する。そして、第 1 の学習手段は、変動量が第 1 の所定範囲内である電流値のみを学習して出力するため、検出精度を向上させることができる。

【 0 0 3 2 】

請求項 1 0 では、変動量が第 1 の所定範囲よりも大きい第 2 の所定範囲内である電流値の入力に対して、蓄電装置の内部状態を学習して出力する第 2 の学習手段を有していることを特徴としている。

【 0 0 3 3 】

第 1 の所定範囲を狭めることで、電流値の検出機会が減少することが考えられるが、第 2 の学習手段は、変動量が第 1 の所定範囲よりも大きい第 2 の所定範囲である電流値を学習して出力するため、電流値の検出機会の減少を招くことを抑制できる。

【 0 0 3 4 】

請求項 1 1 では、変動量を電流値の分散もしくは標準偏差を用いて算出することを特徴としている。

【 0 0 3 5 】

この構成により、電流値の分散もしくは標準偏差を用いることで、変動量を算出することが可能となる。

【0036】

請求項12では、充電の電流値の入力に対して、蓄電装置の内部状態を学習して出力する充電電流学習手段を有していることを特徴としている。また、請求項13では、放電の電流値の入力に対して、蓄電装置の内部状態を学習して出力する放電電流学習手段を有していることを特徴としている。

【0037】

蓄電装置の充電反応及び放電反応は、化学反応であるため、充電反応と放電反応とで大きく反応が異なる。そのため、充電電流値もしくは放電電流値を選別した入力に対して学習することで、検出精度を向上させることができる。

【0038】

請求項14では、電流値及び端子電圧値は、履歴情報に関連付けられる関連付けデータを含むように与えられることを特徴としている。また、請求項15では、関連付けデータとは、最小2乗法により求めた傾き、切片もしくはマッチング誤差であることを特徴としている。

【0039】

このように、電流値と端子電圧値とは、最小2乗法により求めた傾き、切片もしくはマッチング誤差である関連付けデータを含むように与えていてもよい。

【0040】

請求項16では、蓄電装置の内部状態量は、蓄電装置の満充電容量に対する放電可能残存容量の割合であることを特徴としている。

【0041】

この構成により、蓄電装置の内部状態量を満充電容量に対する放電可能残存容量とすることで、車載蓄電装置の現在の放電可能量を確実に算定でき、交換の時期を運転者により早期に報知することができる。

【0042】

請求項17では、学習中に蓄電装置が充電された場合、蓄電装置に充電された容量が放電するまで、ニューラルネットワークに入力される電流値及び端子電圧値を非入力とする充電時入力停止手段を有していることを特徴としている。

【0043】

ニューラルネットワークの学習は、蓄電装置の充電の影響が大きい。そして、充電時入力停止手段は、学習中に蓄電装置が充電された場合に、ニューラルネットワークに電流値及び端子電圧値を非入力とするため、検出精度を向上させることができる。

【実施例1】**【0044】**

図1は、本実施例のブロック図である。

【0045】

図1に示す符号1は、状態検出対象の蓄電池である。この蓄電池1としては、鉛蓄電池、ニッケル-水素電池及びリチウム電池などを用いることができる。

【0046】

符号2は、車載エンジン（図示せず）にて駆動される発電機である。符号3は、車載の電気装置である。符号4は、蓄電池1の充放電電流値を検出する電流センサであり、検出値をデジタル信号で送信する。

【0047】

符号5は、蓄電池1の状態検知装置であり、電流センサ4の出力信号及び蓄電池1の端子電圧検出信号を入力し、この入力値を記憶するバッファ部51とバッファ部51で処理された信号を入力して残存容量SOCを出力するニューラルネットワーク部52とから構成される。状態検知装置5からの出力信号（SOC）と他の情報61とから発電機2の発電量を最適に制御する。

【0048】

図2は、状態検知装置5のニューラルネットワーク部52の構成を示した図である。ニ

ニューラルネットワーク部52は、3層構造のフィードフォワード構造で誤差逆伝播方法にて学習するものである。入力情報は、電流センサ4で検出した電流値及び端子電圧値の履歴が含まれるように、所定サンプル数分を各々のセル521に inputs する。ここでは、履歴をもつデータ列をベクトルと表現する。なお、電流の履歴データ列を電流履歴ベクトル、電圧の履歴データ列を電圧履歴ベクトルと呼ぶ。

【0049】

データのサンプル方法は、図3に示すように現在時刻から所定時間前（サンプル数でm個）までのデータを読み込む窓関数をサンプリング値に掛けてバッファに蓄える。なお、本実施例では、区間mの間の窓関数値は1.0、それ以外の窓関数値は0.0とする。即ち、図3に示す実線部分のデータをそのまま取り込むことになる。窓関数を図中矢印G方向に順次移動していけば実データを取り込むことができる。

【0050】

また、入力データとしてベクトルが2つ（電流履歴ベクトル及び電圧履歴ベクトル）であるため、図2に示すように、ニューラルネットワーク部52の入力層のセル521の個数が2m個となる。

【0051】

さらに、予め所定の充放電パターンでの電流履歴ベクトル及び電圧履歴ベクトルで現在時刻の蓄電池残存容量を学習させて各層間の結合係数を決定してネットワークを構築する。

【0052】

次に、学習のアルゴリズムについて説明する。

【0053】

学習方法は、一般的な誤差逆伝播法を用いる。

【0054】

先ず、入力層のj番目のセル521への入力データを IN_j 及び入力層のj番目のセル521と中間層のk番目のセル522の結合係数を W_{jk} とすると、中間層のk番目のセル522への入力信号 $INPUT_k(t)$ は、以下の式(1)のようになる。

【0055】

$$INPUT_k(t) = \sum (W_{jk} * IN_j) \quad \text{但し、} j=1 \sim 2m \dots \dots (1)$$

また、中間層のk番目のセル522からの出力信号 $OUT_k(t)$ は、以下の式(2)のようになる。

【0056】

$$OUT_k(t) = f(IN_k(t) + b) \quad \text{但し、} b = \text{定数} \dots \dots (2)$$

ここで、式(2)の $f(x)$ は、シグモイド関数と呼ばれる非線形関数であり、以下の式(3)のように定義される関数である。

【0057】

$$f(x) = 1 / (1 + \exp(-x)) \dots \dots (3)$$

また、中間層のk番目のセル522と出力層のセル523との結合係数を W_k とすると、出力層への入力信号 $INPUT_o(t)$ は、以下の式(4)のようになる。

【0058】

$$INPUT_o(t) = \sum W_k * OUT_k(t) \quad \text{但し、} k=1 \sim Q \text{ (中間層セル数)} \dots \dots (4)$$

そして、時刻tにおける出力信号 $OUT_{soc}(t)$ （残存容量を表す信号）は、以下の式(5)のようになる。

【0059】

$$OUT_{soc}(t) = L * INPUT_o(t) \quad \text{但し、} L = \text{線形定数} \dots \dots (5)$$

なお、学習過程とは、時刻tにおける最終の出力信号 $OUT_{soc}(t)$ が教師信号（真値 $\text{tar}(t)$ ）との誤差を最小にするように、各セル間の結合係数を最適化することである。

【0060】

次に、各結合係数の更新方法について説明する。

【0061】

中間層の k 番目のセル 5 2 2 と出力層のセル 5 2 3 との間の結合係数 W_k の更新は、以下の式(6)のように行われる。

【0062】

$$W_k = W_k + \Delta W_k \cdots \cdots (6)$$

ここで、式(6)の ΔW_k は、以下の式(7)のように定義される。

$$\begin{aligned} \Delta W_k &= -\eta * \partial E_k / \partial W_k \quad \text{但し、} \eta = \text{定数} \\ &= \eta * [OUT_{soc}(t) - tar(t)] * [\partial OUT_{soc}(t) / \partial W_k] \\ &= \eta * [OUT_{soc}(t) - tar(t)] * L * [\partial INPUT_o(t) / \partial W_k] \\ &= \eta * L * [OUT_{soc}(t) - tar(t)] * OUT_k(t) \cdots \cdots (7) \end{aligned}$$

また、式(7)の E_k は、教師データとネットワーク出力の誤差を表す量で以下の式(8)のように定義される。

【0063】

$$E_k = [OUT_{soc}(t) - tar(t)]^2 / 2 \cdots \cdots (8)$$

次に、中間層の k 番目のセル 5 2 2 と入力層の j 番目のセル 5 2 1 との結合係数 W_{jk} の更新ルールについて説明する。

【0064】

結合係数 W_{jk} の更新は、以下の式(9)によって実現される。

【0065】

$$W_{jk} = W_{jk} + \Delta W_{jk} \cdots \cdots (9)$$

ここで、式(9)の ΔW_{jk} は、以下の式(10)のように定義される。

$$\begin{aligned} \Delta W_{jk} &= -\eta * \partial E_k / \partial W_{jk} \\ &= -\eta * [\partial E_k / \partial INPUT_k(t)] * [\partial INPUT_k(t) / \partial W_{jk}] \\ &= -\eta * [\partial E_k / \partial OUT_k(t)] * [\partial OUT_k(t) / \partial INPUT_k(t)] * IN_j \\ &= -\eta * [\partial E_k / \partial OUT_{soc}(t)] * [\partial OUT_{soc}(t) / \partial INPUT_o] * \\ &\quad [\partial INPUT_o / \partial OUT_k(t)] * f'(INPUT_k(t) + b) * IN_j \\ &= -\eta * (OUT_{soc}(t) - tar(t)) * L * W_k * f'(INPUT_k(t) + b) * IN_j \\ &= -\eta * L * W_k * IN_j * (OUT_{soc}(t) - tar(t)) * f'(INPUT_k(t) + b) \cdots \cdots \\ &\quad \cdot (10) \end{aligned}$$

このように更新された新たな結合係数 W_k 、 W_{jk} によって、再び出力信号 $OUT_{soc}(t)$ を計算し、誤差関数 E_k が所定の微小値以下になるまで結合係数 W_k 、 W_{jk} を更新しつづける。

【0066】

なお、誤差関数 E_k を所定値以下になるよう結合係数 W_k 、 W_{jk} を更新していく過程を学習と呼ぶ。

【0067】

学習過程のフローチャートを図4に示す。

【0068】

まず、ニューラルネットワーク部 5 2 の各結合係数 W_k 、 W_{jk} の適当な初期値を設定する(ステップ S100)。ここでは、例えば乱数などにより適当に初期値を決定すればよい。

【0069】

次に、学習用の電圧及び電流値をニューラルネットワーク部 5 2 に入力する。(ステップ S101) そして、ニューラルネットワーク部 5 2 に入力された入力値と結合係数 W_k 、 W_{jk} の初期値と用いて残存容量 SOC を算出する(ステップ S102)。次に、誤差関数 E_k を算出し(ステップ S103)、誤差関数 E_k が所定の微小値 t_h より小さいかを判定する(ステップ S104)。

【0070】

ここで、ステップ S104 で誤差関数 E_k が微小値 t_h より大きいのであれば、上述の学習過程で定義された各結合係数 W_k 、 W_{jk} の更新量 ΔW を計算し(ステップ S105)、各結合係数 W_k 、 W_{jk} を更新する(ステップ S106)。そして、再び学習用の電圧及び電流値をニューラルネットワーク部 5 2 に入力して残存容量 SOC を計算する。また、ステップ

S104で誤差関数 E_k が微小値 t_h より小さいのであれば、学習を完了する（ステップS107）。

【0071】

このように定義される学習過程のある代表的な充放電パターンを幾つかの電池種類につき製品の出荷前に適応させておけば、市場走行中の車載蓄電池の残存容量を逐次算定することが可能である。

【0072】

〔実施例1の変形例〕

本実施例の変形例を以下に示す。

【0073】

本実施例の変形例は、電圧及び電流値の入力のさせ方に特徴がある。

本実施例では、区間 m の中のデータを均一に取り出したが、変形例では、図5に示すように、入力データの時間間隔を現時点から過去に遡るほど広くとることを特徴としている。

【0074】

このようなデータの与え方は、以下の利点を生む。

【0075】

過去の情報を現時点では無視することができないが、現時点から時間的に遠ざかっていくほど現時点への影響の度合いが少なくなってゆくことが分かっている対象の場合、学習サイクルが早くなるという利点がある。

【0076】

これは、図6のようにデータを与えても、ニューラルネットワーク部52の学習により内部の結合係数のうち、過去の入力セルからのものは抑制されるように更新されていくからであると考えられている。誤差逆伝播法の結合係数 W_k 、 W_{jk} の決定過程及び確定後の分布がどのように入力値と教師値とに連関しているのかについては、適宜のルールを適用する。

【0077】

更に、蓄電池1の温度に関する情報を入力に追加して電池残存容量を学習させることでより算定精度が向上する。

【0078】

また、蓄電池1の内部インピーダンスを学習させる2出力系のネットワークとしてもよい。この蓄電池1の内部インピーダンスは、蓄電池1を構成する電解液、電極板もしくは電極格子の劣化状態と緊密な関係を持つため、蓄電池1の劣化状態を算定する際に極めて有効な方法である。

【実施例2】

【0079】

ニューラルネットワークの学習は、電流値の変化速度に依存して、容易な部分と難しい部分とがある。

【0080】

そこで、本実施例では、ばらつき 3σ による電流値の変動が所定範囲内である入力に対して学習する。

【0081】

表1は、劣化した蓄電池1を含む複数の蓄電池1を搭載し、10-15モード走行を行った際における電流値の変動範囲が、5A-15A（第1の変動範囲）、5A-30A（第2の変動範囲）及び5A-55A（第3の変動範囲）の場合をそれぞれ選別した入力に対して学習し、且つ学習した蓄電池1とは別の蓄電池1にませ代えてLA#4モードを走行した時に得られたデータに対し、第1から第3の変動範囲の条件で選別及び適応した場合の検出精度を示したものである。

【0082】

【表 1】

変動範囲 (A)	5 ~ 15 (第 1 の変動範囲)	5 ~ 30 (第 2 の変動範囲)	5 ~ 55 (第 3 の変動範囲)
検出精度 (%)	5.5	6.1	6.3

【0083】

表 1 に示すように、ばらつきによる電流値の変動範囲の条件を厳しくするにつれて、検出精度が向上することがわかる。具体的には、第 1 の変動範囲は、第 2 の変動範囲及び第 3 の変動範囲よりも変動範囲が狭いため、検出精度が最も良い。なお、図 9 は、第 1 の変動範囲の場合の検出結果をグラフに示している。

【0084】

ここで、第 1 の変動範囲のみを学習して適用することで、常に精度良く検出できる。しかしながら、電流値の変動範囲を狭めることによって、電流値の検出機会の減少が考えられる。そのため、第 1 から第 3 の変動範囲の全てをそれぞれ学習し、適用することが望ましい。

【0085】

なお、真値 $\text{tar}(t)$ は、残存容量 SOC が 0 % の時点から電流積算値を逆算して求めている。

【0086】

また、ニューラルネットワークへの入力信号として、電流値の履歴と端子電圧値の履歴とに加え、電流値の履歴と端子電圧値の履歴との関連付けを行うデータ、例えば最小 2 乗法により求めた傾き、切片やマッチング誤差情報を追加しても良い。

【0087】

【実施例 2 の変形例】

蓄電装置 1 の充電反応及び放電反応は、化学反応であるため、充電反応と放電反応とで大きく反応が異なる。

【0088】

そこで、充電電流値のみもしくは放電電流値のみを選別した入力に対して学習する。

【0089】

第 1 の所定範囲の条件に充電電流値のみの条件を追加して学習及び適用した結果を図 10 に示す。図 10 に示すように、検出精度が 6.3 % から 5.3 % に向上した。このように、検出精度の向上を図ることができる。

【実施例 3】

【0090】

蓄電装置 1 を充電した後の電圧は、分極電圧の影響により、見かけ上通常電圧よりも高くなる。このことから、ニューラルネットワークの学習は、充電の影響により、学習の容易な部分と難しい部分とがある。

【0091】

そこで、本実施例では、学習中に蓄電装置 1 が充電された場合には、充電した容量を放電するまでのデータを使用しないようにする。(以下、本実施例での条件を選別した入力という)

図 11 は、劣化した蓄電池 1 を含む複数の蓄電池 1 を搭載し、10-15 モード走行を行った際における本実施例での条件を選別した入力に対して学習し、且つ学習した蓄電池 1 とは別の蓄電池 1 に乗せ代えて LA # 4 モードを走行した時に得られたデータに対し、選別及び適応した場合の検出精度を示したものである。

【0092】

図 12 は、本実施例での条件を選別していない入力に対して学習し、選別及び適応した場合の検出精度を示したものである。

【0093】

図11及び図12に示すように、本実施例での条件を選別していない入力に対して学習した場合の検出精度は、6.0%となり、本実施例での条件を選別した入力に対して学習した場合の検出精度は、3.7%となった。

【0094】

このように、本実施例での条件を選別した入力に対して学習することで、検出精度の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0095】

【図1】本実施例のブロック図である。

【図2】本実施例のニューラルネットワーク部の構造図である。

【図3】本実施例の入力データ例を示すタイミングチャートである。

【図4】本実施例の学習過程を示すフローチャートである。

【図5】変形例の入力データ例を示すタイミングチャートである。

【図6】蓄電池の内部インピーダンスを学習する2出力系ニューラルネットワークの構造図である。

【図7】特定の蓄電池状態における電圧と電流との関係を示すグラフである。

【図8】履歴情報を矢印で示した電圧と電流との関係を示すグラフである。

【図9】第1の変動範囲を選別した場合の検出回数に対する残存容量SOCの検出値と真値とを示したグラフである。

【図10】第1の変動範囲及び充電電流値のみを選別した場合の検出回数に対する残存容量SOCの検出値と真値とを示したグラフである。

【図11】学習中に蓄電装置が充電された際に、ニューラルネットワークに電流値及び端子電圧値を非入力とした場合の検出回数に対する残存容量SOCの検出値と真値とを示したグラフである。

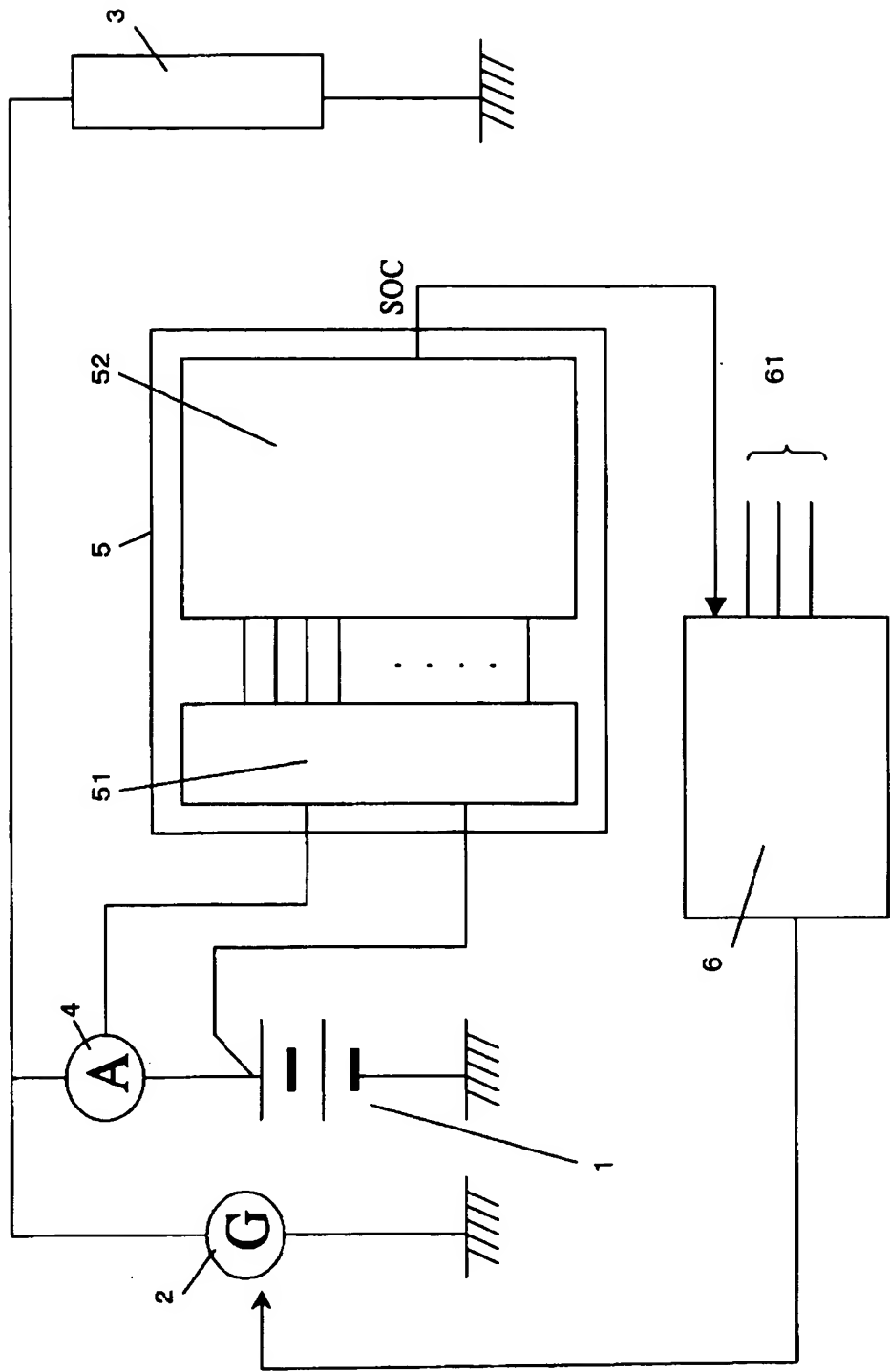
【図12】学習中に蓄電装置が充電された際に、ニューラルネットワークに電流値及び端子電圧値を入力とした場合の検出回数に対する残存容量SOCの検出値と真値とを示したグラフである。

【符号の説明】

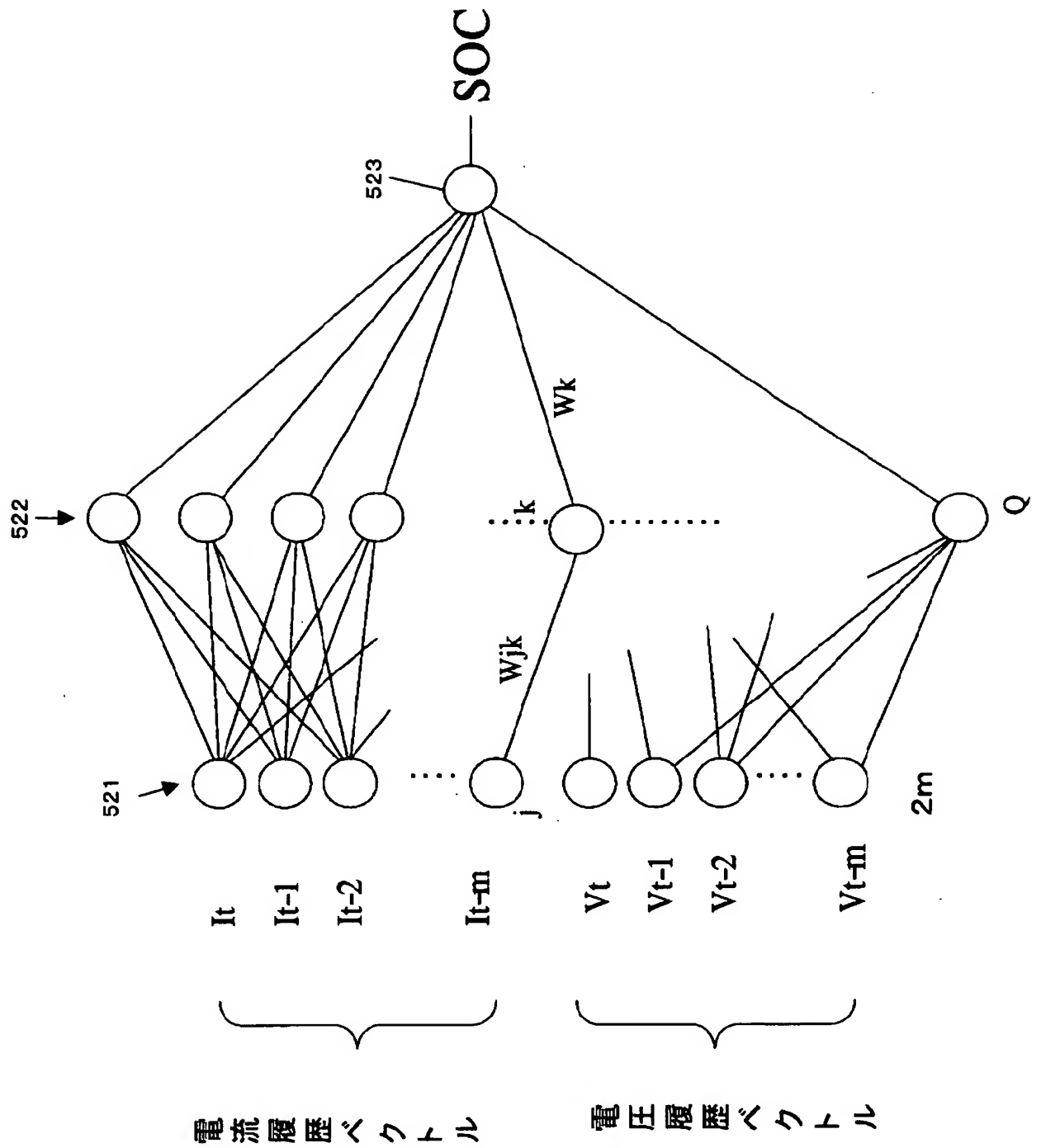
【0096】

1…蓄電池、2…発電機、3…電気装置、4…電流センサ、5…状態検知装置、51…バッファ部、52…ニューラルネットワーク部、6…発電機制御装置

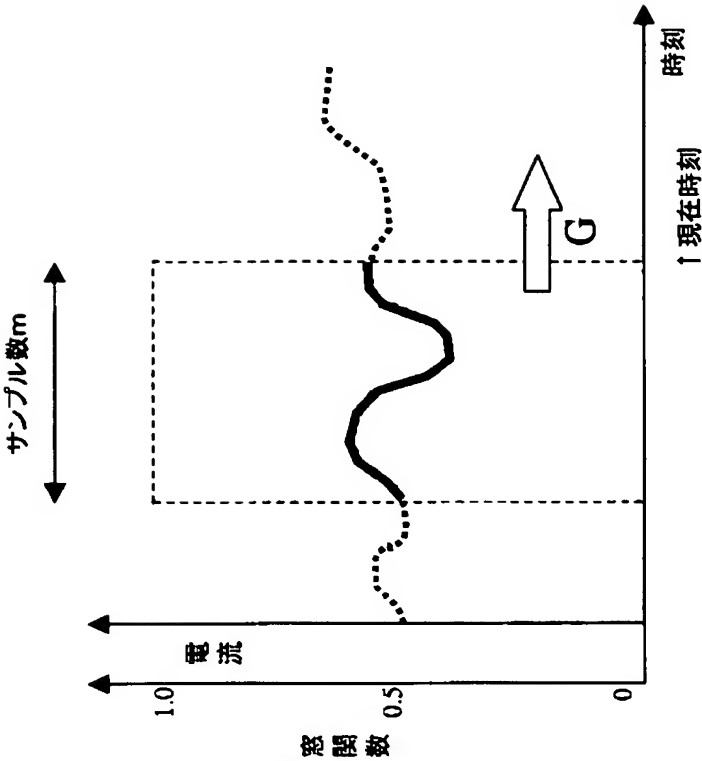
【書類名】 図面
【図 1】



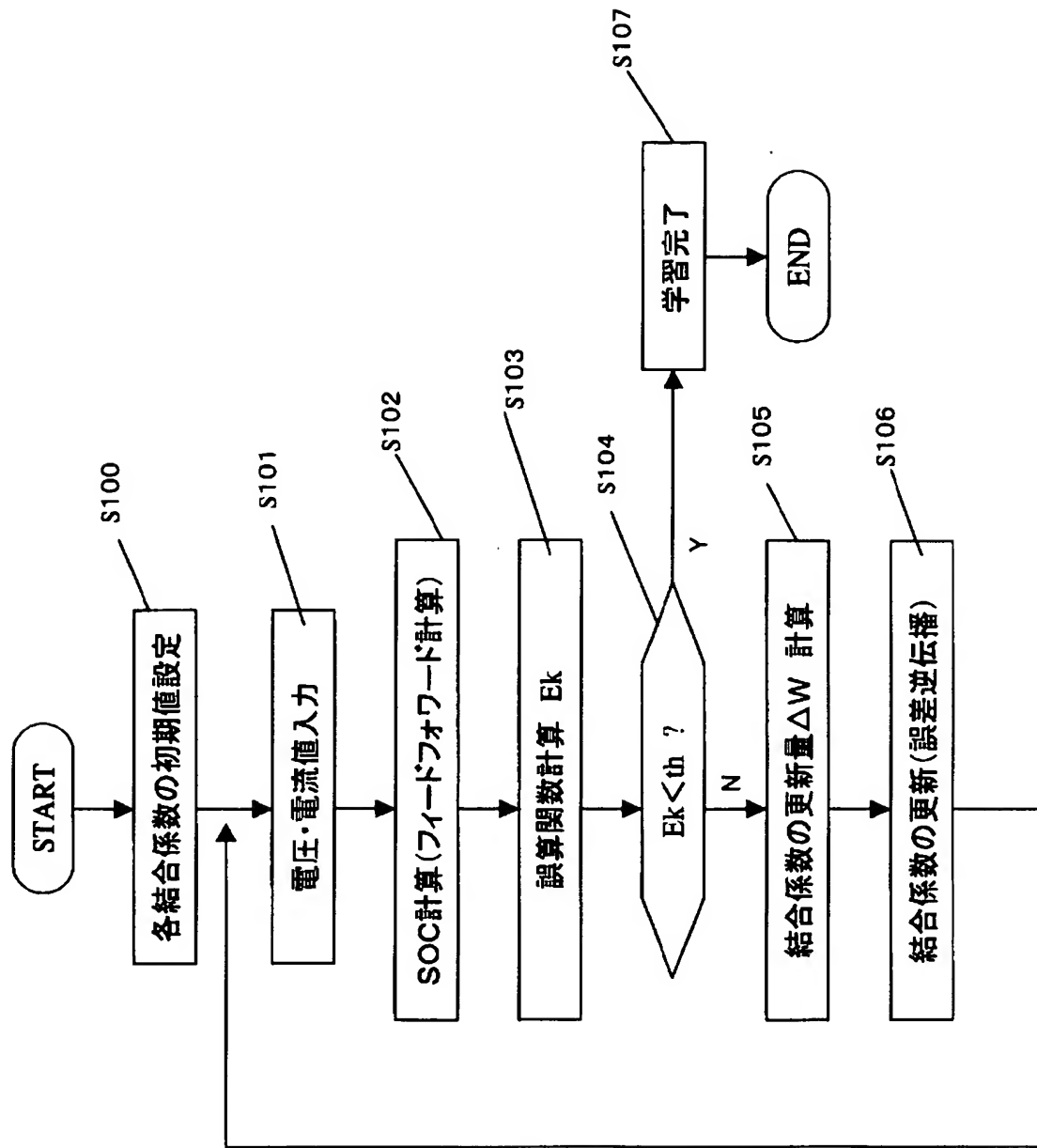
【図 2】



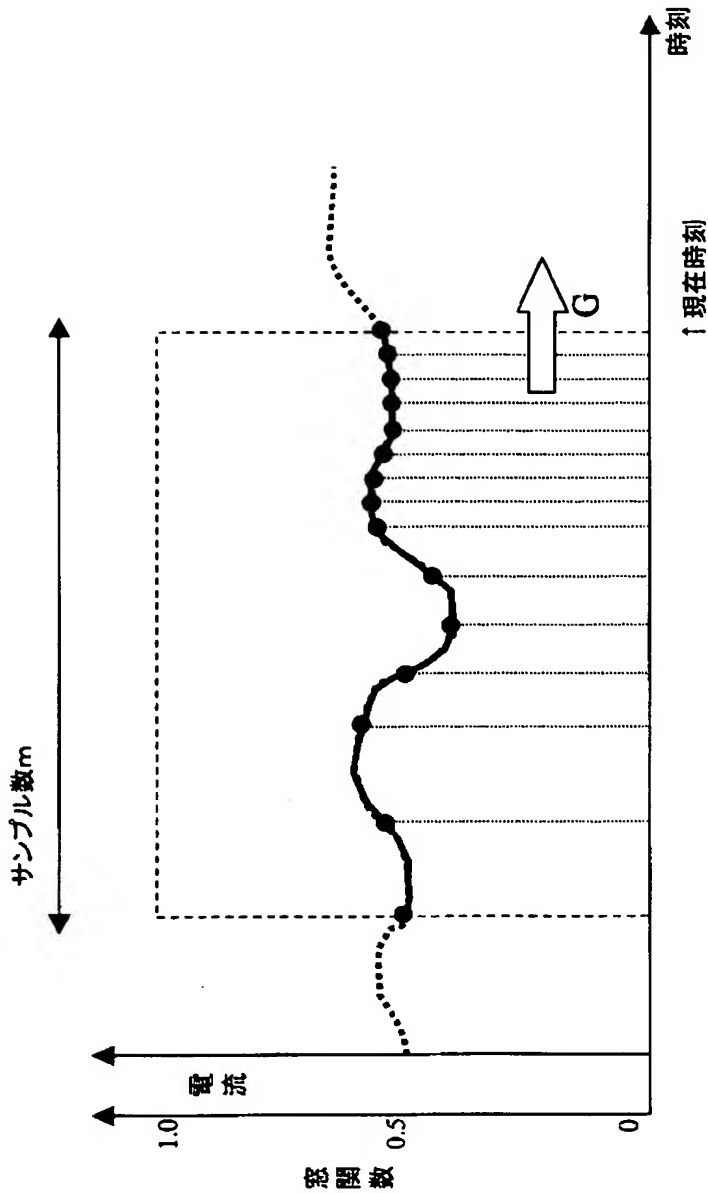
【図 3】



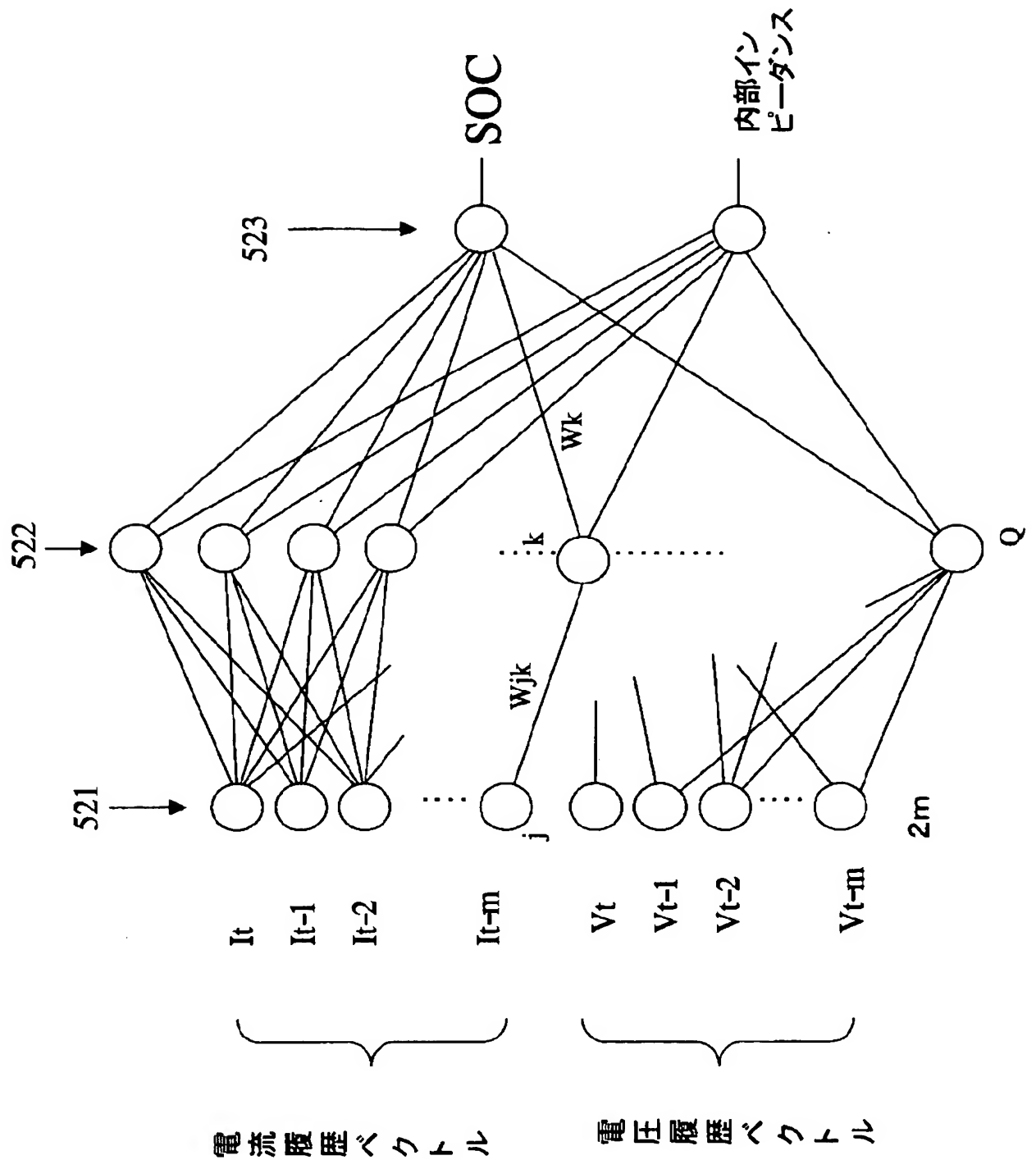
【図 4】



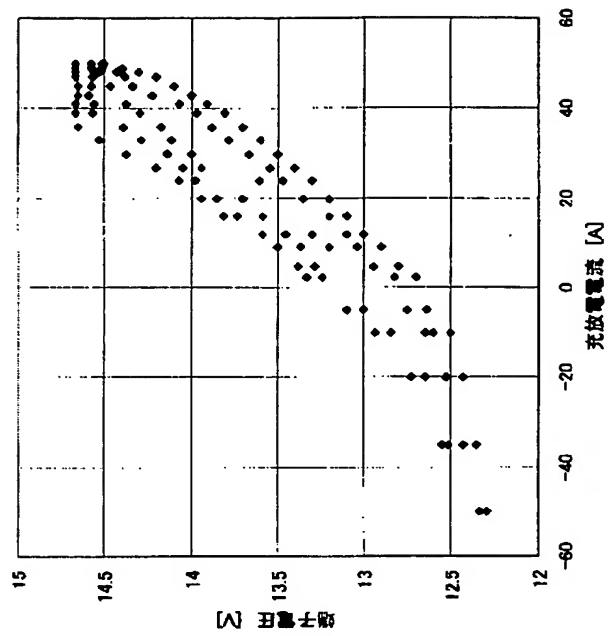
【図 5】



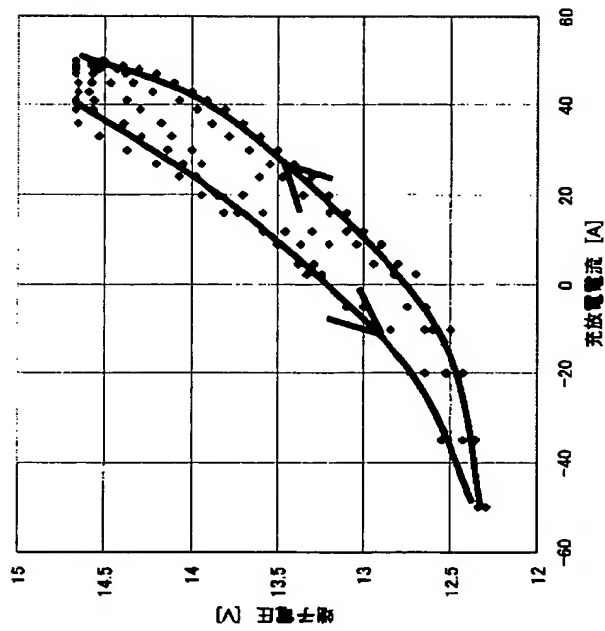
【図 6】



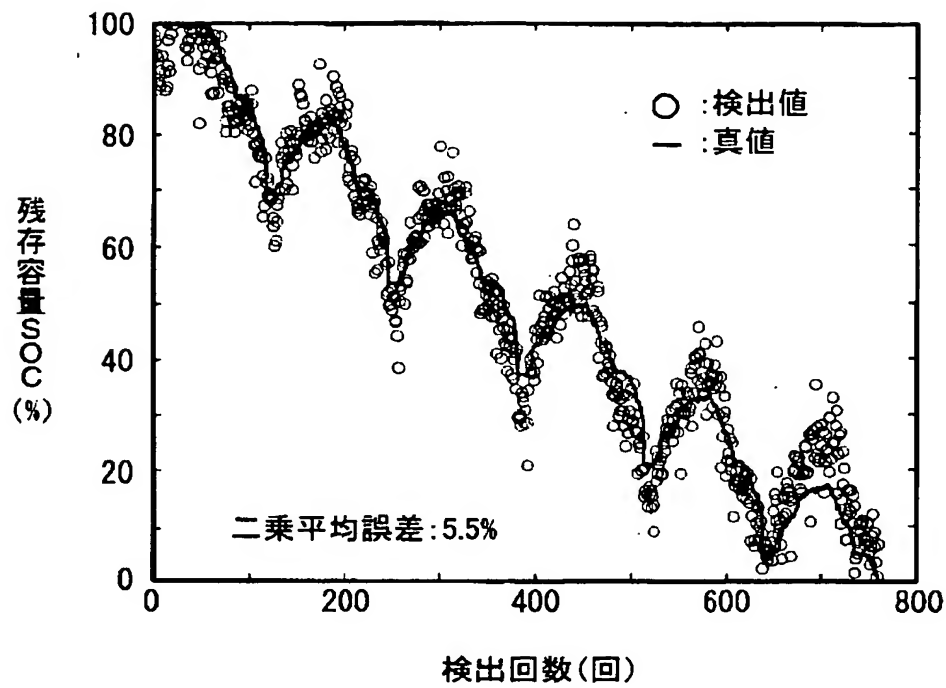
【図 7】



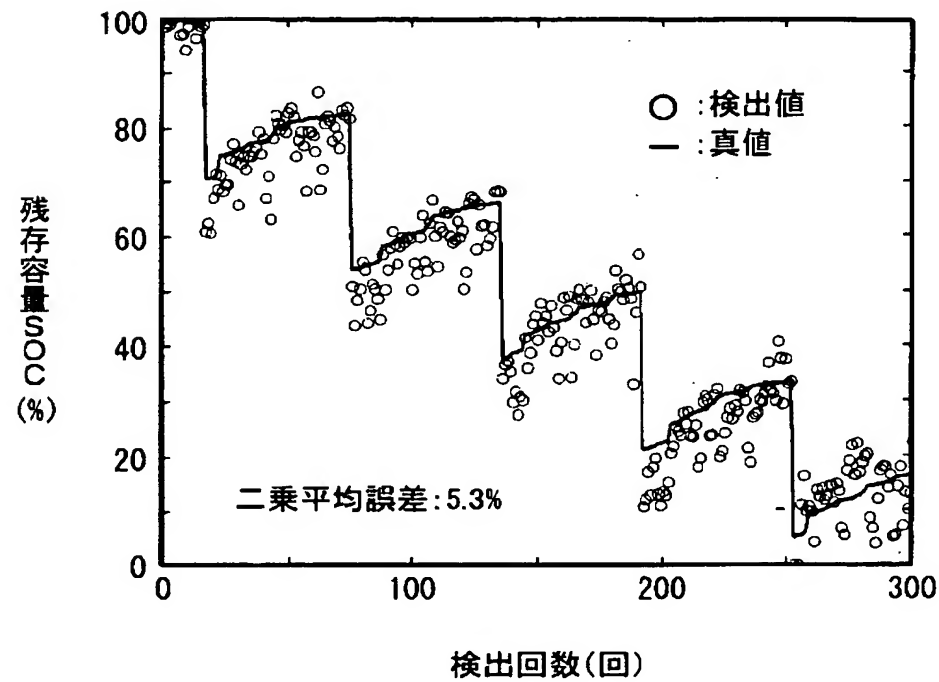
【図 8】



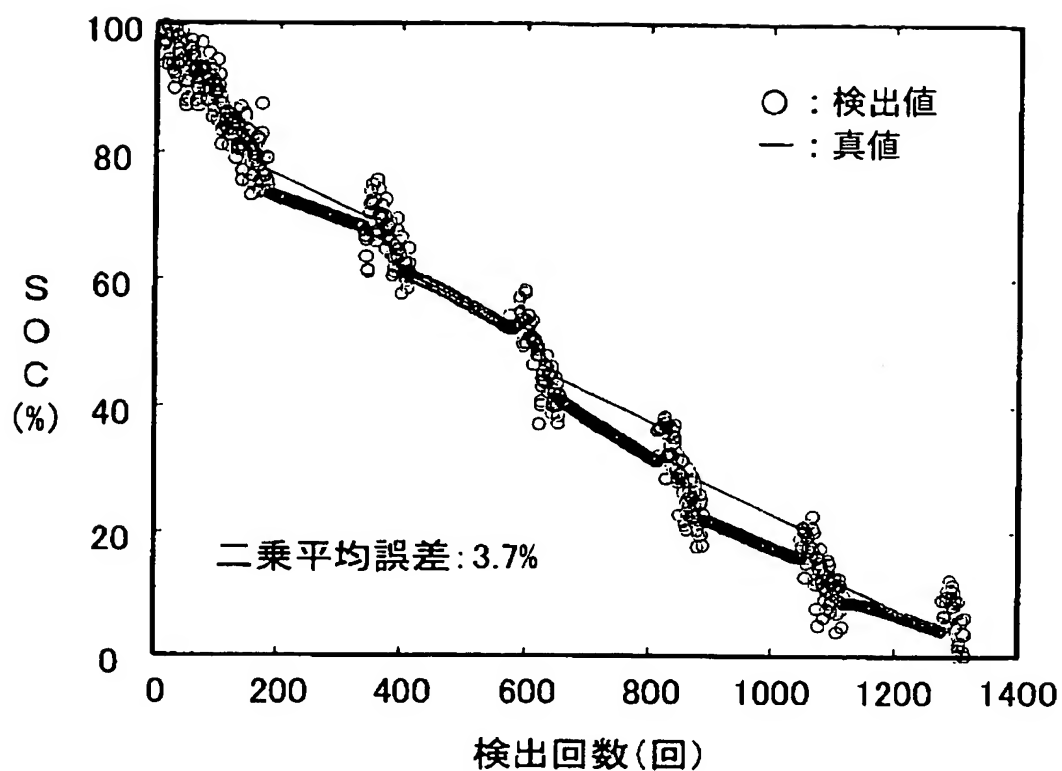
【図 9】



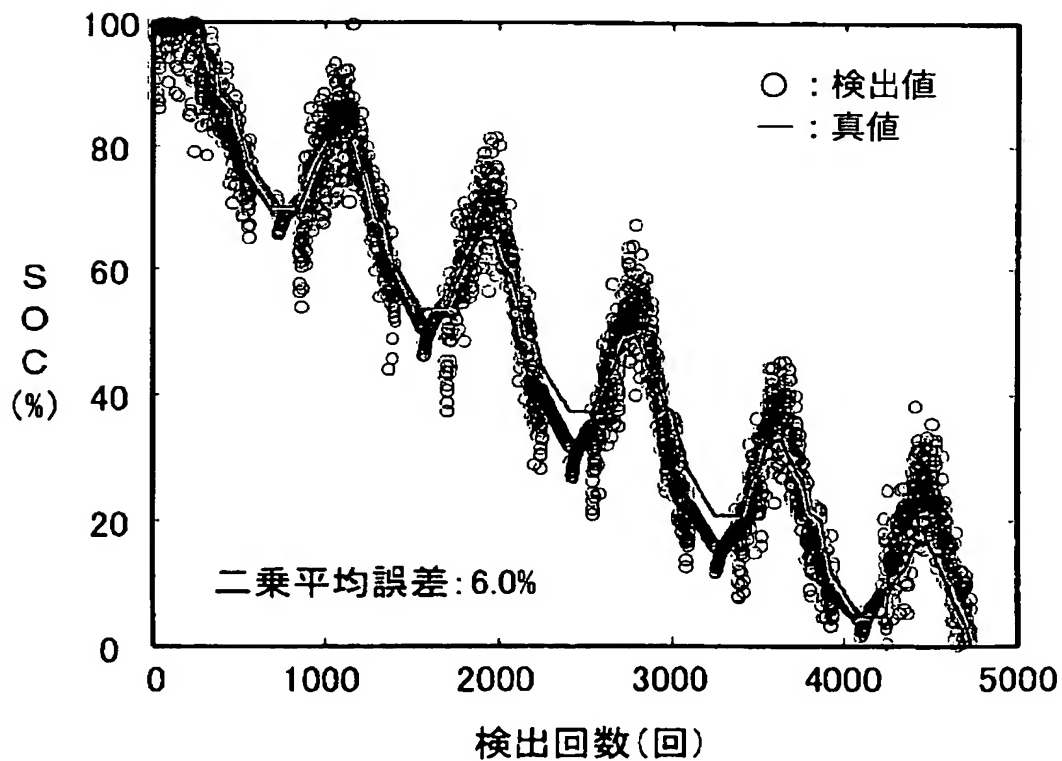
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電流値及び電圧値を検出し、バッファなどに蓄積しておくことで、簡便に且つ高精度で蓄電装置の残存容量を検知することができるシステムを提供する。

【解決手段】 車載電気装置に電力提供する蓄電装置と、蓄電装置の充電及び放電の電流を検出する手段と、蓄電装置の端子電圧を検出する手段とを備え、蓄電装置の電流値と端子電圧値とを入力とするニューラルネットワークによって、蓄電装置の内部状態量を学習して出力するシステムであって、電流値及び端子電圧値は、過去の履歴情報を含むように与えられる。

【選択図】

図 1

特願 2 0 0 3 - 4 2 0 4 8 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 6 9 5]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地
氏 名	株式会社日本自動車部品総合研究所

特願 2 0 0 3 - 4 2 0 4 8 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 2 6 0]

1. 変更年月日	1 9 9 6 年 1 0 月 8 日
[変更理由]	名称変更
住 所	愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
氏 名	株式会社デンソー